



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **03039415 A**(43) Date of publication of application: **20.02.91**

(51) Int. Cl. **C21D 6/00**  
**H01F 1/04**  
**H01F 41/02**

(21) Application number: **01175059**(71) Applicant: **MITSUBISHI MATERIALS CORP**(22) Date of filing: **06.07.89**

(72) Inventor: **MORIMOTO KOICHIRO**  
**ISHIYAMA KOICHI**  
**TAKESHITA TAKUO**

(54) **HEAT TREATMENT METHOD IN MAGNETIC  
 FIELD GIVING RING-LIKE MAGNET ALLOY  
 RADIAL MAGNETIC ANISOTROPY**

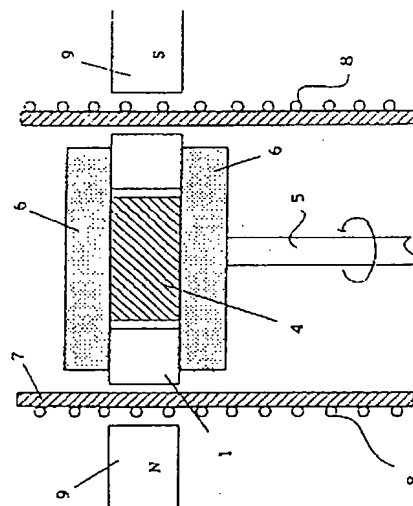
treatment. By this method, the ring-like magnet alloy  
 having excellent radial magnetic anisotropy is obtd.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&amp;Japio

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To give a ring-like magnet alloy excellent radial magnetic anisotropy by inserting an iron core having saturation magnetic flux density higher than the magnetic alloy into the inner diameter of the ring-like magnetic alloy, impressing magnetic field in the diameter direction and executing heat treatment while rotating.

**CONSTITUTION:** The ring-like magnet alloy 1 with solution treatment executed is laid on a work supporting jig 6, and into the inner diameter thereof, the iron core 4 composed of alloy having the saturation magnetic flux density higher than that of the magnet alloy 1 at treating temp. is inserted. As the above ring-like magnet alloy 1, Fe-Al-Ni-Co series or Fe-Cr-Co series is used, and as the alloy for iron core 4, Fe-Co series or Fe is preferable. The above ring-like magnet alloy 1 is heated with a heater 8 in a furnace core tube 7 while impressing the magnetic field to the diameter direction through electric magnet pole pieces 9 and rotating through work rotating shaft 5 to execute the heat



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-39415

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>

C 21 D 6/00  
H 01 F 1/04  
41/02

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)2月20日

B 7518-4K

G 8219-5E  
7303-5E

H 01 F 1/04

Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全8頁)

⑭ 発明の名称 リング状磁石合金にラジアル磁気異方性を付与する磁場中熱処理方法

⑰ 特 願 平1-175059

⑱ 出 願 平1(1989)7月6日

⑲ 発 明 者 森 本 耕 一 郎 新潟県新潟市小金町3-1 三菱金属株式会社新潟製作所内

⑲ 発 明 者 石 山 宏 一 埼玉県大宮市北袋町1-297 三菱金属株式会社中央研究所内

⑲ 発 明 者 武 下 拓 夫 埼玉県大宮市北袋町1-297 三菱金属株式会社中央研究所内

⑲ 出 願 人 三菱金属株式会社 東京都千代田区大手町1丁目5番2号

⑲ 代 理 人 弁理士 富田 和夫 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

リング状磁石合金にラジアル磁気異方性を付与する磁場中熱処理方法

2. 特許請求の範囲

(1) リング状磁石合金に溶体化処理を施した後、磁場中熱処理を施してラジアル磁気異方性を付与する磁場中熱処理方法において、

上記リング状磁石合金の内径に、磁場中熱処理温度において上記リング状磁石合金よりも高い飽和磁束密度を有する合金からなる鉄芯を挿入し、上記リング状磁石合金をその径方向に印加した外部磁場中において回転させながら熱処理することを特徴とするリング状磁石合金にラジアル磁気異方性を付与する磁場中熱処理方法。

(2) 上記リング状磁石合金は、Fe-AI-Ni-Co系磁石合金であり、上記リング状磁石合金よ

りも高い飽和磁束密度を有する合金は、Fe-Co系合金であることを特徴とする請求項1記載のリング状磁石合金にラジアル磁気異方性を付与する磁場中熱処理方法。

(3) 上記リング状磁石合金は、Fe-Cr-Co系磁石合金であり、上記リング状磁石合金よりも高い飽和磁束密度を有する合金は、FeまたはFe-Co系合金であることを特徴とする請求項1記載のリング状磁石合金にラジアル磁気異方性を付与する磁場中熱処理方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

この発明は、PM型ステッピングモータ等の電気機器に用いられるリング状ラジアル異方性磁石、特にアルニコ系またはFe-Cr-Co系合金からなるリング状ラジアル異方性磁石を製造するための磁場中熱処理方法に関するものである。

〔従来の技術〕

一般に、アルニコ系またはFe-Cr-Co系

合金磁石は、優れた磁気特性を有し、またその磁気特性の熱的安定性も良好なため、広く電気機器に用いられている。

これら合金磁石は、溶解・鋳造法または粉末・焼結法によって作られた所定組成の合金に、单相化のための溶体化処理を施した後、急冷し、次に強磁性相と非磁性相の2相構造とするための熱処理を行い、ついで上記2相間の組成差を拡大するための時効処理を施して製造される。上記2相構造とするための熱処理を行うとき、上記合金の特定の一方方向に外部より磁場を印加することにより、その方向に強磁性相が伸長し、その強磁性相の形状異方性により磁場印加方向の磁気特性が優れたいわゆる一軸異方性の合金磁石が得られることはよく知られている。

このようにして得られた合金磁石は、一旦消磁され、再び着磁されて電気機器用磁石部品として使用される。

近年、PM型ステッピングモータのロータ磁石用として、第4図の斜視図に示されるように、あ

強さが200Oeを越えると周方向の磁気特性が径方向の磁気特性よりも高くなり、ラジアル異方性磁石は得られなかった。(H. Okada, R. Togashi, S. Sugimoto, and M. Hosawa, 「J. Appl. Phys.」, Vol. 84, No. 10, 15 November 1988, 第5732~5734頁参照)

〔発明が解決しようとする課題〕

円盤状磁石合金をその径方向に印加した外部磁場中で回転させながら熱処理し、その径方向に均等にラジアル磁気異方性を発現させる従来方法では、外部磁場強度:200Oe以下の範囲でラジアル異方性磁石が得られるものの、その磁気特性は、従来から工業生産されている一軸異方性磁石の磁気特性( $(BH)_{\max} = 7.8 \text{ MGOe}$ ,  $H_c = 620 \text{ Oe}$ )に比べてかなり低い値であり、この従来方法で得られた円盤状ラジアル異方性磁石の中心に穴あけ加工してリング状ラジアル異方性磁石電気機器部品、例えばPMステッピングモータのロータ磁石などを製造しても、ラジアル磁気異方性が弱く、実用に供するに十分な強さのリング状ラジ

アル異方性磁石10の需要が高まっており、アルニコ系およびCr-Co-Fe系合金からなるリング状ラジアル異方性磁石の開発が望まれている。

最近、Fe-25%Cr-12%Co-0.5%Tiなる組成を有する溶製合金から切り出して得た円盤状試料に溶体化処理を施した後、その円盤状試料をその径方向に印加された外部磁場中で回転させながら熱処理を行うことにより、円盤状ラジアル異方性Fe-Cr-Co系合金磁石を作る試みがなされ、以下の結果を得たことが報告されている。

(1) 上記熱処理中に径方向に印加される磁場の強さが200Oe以下のとき、ラジアル異方性磁石が得られ、径方向の磁気特性は、印加磁場強度が100Oeのとき最高値となり、 $(BH)_{\max} = 3 \text{ MGOe}$ ,  $H_c = 600 \text{ Oe}$ であった。

(2) 上記熱処理中に径方向に印加される磁場の

ラジアル異方性磁石を得ることができないという問題点があった。

さらに、上記従来の径方向の印加した外部磁場中で回転させながら熱処理する方法を、そのままリング状磁石合金に適用して磁場中熱処理を施しても、第5図に示されるように、磁力線は主としてリング状磁石合金の周方向に沿って流れるために、強磁性相を伸長させ磁気異方性を誘導する磁場は周方向成分が径方向成分を上回ってしまい、ラジアル異方性よりも周方向異方性が強く発現され、リング状磁石合金にラジアル異方性を付与することができないという問題点があった。

〔課題を解決するための手段〕

そこで、本発明者等は、リング状磁石合金を径方向に印加される外部磁場中で回転させながら熱処理することにより優れたラジアル異方性磁石を製造すべく研究を行った結果、

溶体化処理したリング状磁石合金の内径に、磁場中熱処理温度において上記磁石合金よりも高い飽和磁束密度を有する合金からなる鉄芯を挿入し、

上記リング状磁石合金をその径方向に印加した外部磁場中において回転させながら熱処理すると、優れたラジアル異方性磁石を製造することができるという知見を得たのである。

この発明は、かかる知見にもとづいてなされたものであって、リング状磁石合金の内径に、磁場中熱処理温度において上記磁石合金よりも高い飽和磁束密度を有する合金でつくられた鉄芯を挿入すると、第1図に示されるように、リング状磁石合金1をそのリング状磁石合金の径方向2に印加した外部磁場により生じた磁力線3は、大部分が鉄芯4の内部を通り、上記リング状磁石合金1の周方向にまわり込むことは少なく、たとえ周方向にまわり込む磁力線3'が存在してもその量は極めて少ない。そのため径方向2に強磁性相を十分に伸長させることができ、もって優れた磁気特性を有するリング状ラジアル異方性磁石を得ることができるのである。

この発明で用いる磁石材料は、 $\text{Fe} \cdot \text{Al} \cdot \text{Ni} \cdot \text{Co}$ 系磁石合金（一般にアルニコ系磁石合

金と呼ばれている）および $\text{Fe} \cdot \text{Cr} \cdot \text{Co}$ 系磁石合金を用いるのが好ましく、これに対する鉄芯材料は、 $\text{Fe}$ または $\text{Fe} \cdot \text{Co}$ 系合金を用いるのが好ましい。

この発明によりリング状磁石合金にラジアル磁気異方性を発現させるためには、第2図に示されるように、非磁性耐火物からなる炉芯管7の周囲にヒーター8を取付けた加熱炉を用意し、この加熱炉内に非磁性材料でつくられたワーク回転軸5により回転可能な非磁性材料からなるワーク支持治具6を設け、このワーク支持治具6の上に鉄芯4を挿入したリング状磁石合金1を固定し、ヒーター8を加熱することにより炉芯管7内を熱処理温度に保持し、電磁石ポールピース9により磁場をかけながら上記リング状磁石合金1および挿入鉄芯4を回転せしめることにより上記リング状磁石合金にラジアル異方性を付与するものである。

この場合、第3図に示されるように、

リング状磁石合金1の外径： $D \text{ (cm)}$ 、

リング状磁石合金1の内径： $d \text{ (cm)}$ 、

リング状磁石合金1および鉄芯4の厚み： $h \text{ (cm)}$ 、

リング状磁石合金1の磁場中熱処理温度における飽和磁束密度： $B_s \text{ (m) (Gauss)}$ 、

とし、さらに、

鉄芯4の径： $d \text{ (cm)}$ 、

鉄芯4の磁場中熱処理温度における飽和磁束密度： $B_s \text{ (Gauss)}$ 、

とすると、第3図における④のように、

鉄芯4を通る最大磁束は $B_s \cdot d \cdot h$ 、

第3図における⑤のように、

鉄芯4を通らずにリング状磁石合金1の周方向を通る最大磁束は $B_s \text{ (m) } (D - d) \cdot h$ 、となり、ラジアル異方性を付与するためには、

$B_s \cdot d \cdot h > B_s \text{ (m) } (D - d) \cdot h$ なる関係を満たす必要がある。したがって、上記関係を満たすように鉄芯材料を選択する必要がある。反対に、 $B_s \cdot d \cdot h < B_s \text{ (m) } (D - d) \cdot h$ の関係にあるときは、磁力線は主として

リング状磁石合金1の周方向に流れ、鉄芯4への磁場集中が起こらず、リング状磁石合金1の周方向異方性が発現される。

鉄芯4とリング状磁石合金1の内径との空隙長： $(d - d) / 2$ は、可能な限り短い方が好ましく、 $0.01 \text{ cm}$ 以下となることが好ましい。上記空隙長が $0.01 \text{ cm}$ を越えると、鉄芯4とリング状磁石合金1の間の磁気抵抗が大きくなり、このため鉄芯4の磁場集中効果が低減し、所望の効果が得られなくなる。したがって、

$$(d - d) / 2 \leq 0.01$$

とした。

この発明の磁場中熱処理に際して印加する磁場強度は、 $2500 \text{ Oe}$ 以下が好ましい。 $2500 \text{ Oe}$ を越えると鉄芯4が磁気飽和の状態に近づきその磁場集中効果が失われるため、ラジアル異方性の磁気特性は低下する。

第2図に示されるように、加熱された炉芯管7内のワーク支持治具6にセットされたリング状磁石合金1の磁場中回転数は、 $80 \text{ r.p.m.}$ 以上が好ま

しい。60r.p.m.未満では磁場印加開始時に電磁石ポールピース9の近傍にあった部分のラジアル方向の磁気特性のみが高くなり、他のラジアル方向の磁気特性が低くなり、ラジアル異方性の均一度が悪くなる。

#### 〔実施例〕

つぎに、この発明を実施例にもとづいて具体的に説明する。

#### 実施例 1～2

原料粉末として、カーボニル鉄粉（－350メッシュ）、Fe－50%A<sub>2</sub>合金粉（－250メッシュ）、カーボニルNi粉（－350メッシュ）、還元Co粉（－400メッシュ）、電解Cu粉（－250メッシュ）、水素化Ti粉（－200メッシュ）を用いてこれらを秤量混合して、A<sub>2</sub>:7.0%、Ni:14.0%、Co:37.0%、Cu:2.5%、Ti:6.0%、残部:Feおよび不可避不純物からなる組成（以上重量%）を有するFe－A<sub>2</sub>－Ni－Co系混合粉末を用意し、この混合粉末をプレス成形してリング状圧粉体とし、このリング状圧粉体を、5×

10<sup>-2</sup>Torrの真空中、温度:1300℃、2時間保持の条件で焼結し、ついでNH<sub>3</sub>分解ガス中、温度:1280℃、30分間保持の条件で溶体化処理したのち風冷することにより、外径:10.0mm、内径:4.0mm、長さ:13.0mmの寸法を有するFe－A<sub>2</sub>－Ni－Co系リング状焼結磁石合金を製造した。

一方、第1表の実施例1に示されるFe－20%Coからなる鉄芯材料および実施例2に示されるFe－50%Coからなる鉄芯材料（以上%は重量%）を用意し、これら鉄芯材料をそれぞれ直径:3.9mm、長さ:13.0mmの寸法となるように加工し、鉄芯を製造した。

これら鉄芯を上記Fe－A<sub>2</sub>－Ni－Co系リング状焼結磁石合金の内径に挿入し、第2図に示されるように、炉芯管7内部のワーク支持治具6にセットし、ヒーター8により昇温速度:80℃/minで温度:830℃になるまで加熱し、上記鉄芯を挿入したFe－A<sub>2</sub>－Ni－Co系リング状焼結磁石合金を温度:830℃に保持しながら、2000Oeの印加磁場中、回転数:150r.p.m.で10分間回転

保持の磁場中熱処理を施したのち放冷した。

上記磁場中熱処理後放冷したFe－A<sub>2</sub>－Ni－Co系リング状焼結磁石合金は、さらに、温度:680℃に120分間保持されたのち、4.5℃/時の冷却速度で490℃に徐冷する時効処理が施された。

かかる処理が施されたFe－A<sub>2</sub>－Ni－Co系リング状焼結磁石合金から、1辺が2mmの立方体を切り出し、これに振動型磁力計を用いて最大10KOeの磁場を印加し、径方向および周方向の減磁曲線を測定して磁気特性を測定し、それらの測定結果を第1表に示した。

#### 比較例 1

比較のために上記実施例1～2で製造したFe－A<sub>2</sub>－Ni－Co系リング状焼結磁石合金の内径に鉄芯を挿入することなく実施例1および2と全く同一条件で磁場中熱処理し、ついで時効処理を施した後、上記Fe－A<sub>2</sub>－Ni－Co系リング状焼結磁石合金から1辺が2mmの立方体を切り出し、上記実施例1および2と同一条件で径

材料	リング状合金 (重量%)	磁気特性		
		測定方向	残留磁束密度 Br(KG)	保磁力 Hc(Oe)
1	A <sub>2</sub> :7.0 Ni:14.0 Co:37.0 Cu:2.5 Ti:6.0 Fe:残部からなる焼結合金	径方向	7.3	1420
2		周方向	4.3	970
1		径方向	8.8	1510
2		周方向	3.6	630
1		径方向	5.0	1250
2		周方向	6.4	1340
比較例				

表 1

方向および周方向の磁気特性を測定し、それらの測定結果を第1表に示した。

#### 実施例 3~4

大気中で溶解し鋳造することにより、

Al : 8.0 %、 Ni : 14.0 %、

Co : 24.0 %、 Cu : 3.0 %、

Ti : 9.2 %、

残部 : Fe および不可避不純物からなる組成 (以上、重量%) を有し、

外径 : 10.0mm、内径 : 4.0 mm、長さ : 13.0mm の寸法を有する Fe - Al - Ni - Co 系リング状鋳造磁石合金を製造し、この Fe - Al - Ni - Co 系リング状鋳造磁石合金に Ar ガス中で温度 : 1250℃、30分間保持の条件で溶体化処理を施した。

上記溶体化処理した Fe - Al - Ni - Co 系リング状鋳造磁石合金の内径に、上記実施例 1 ~ 2 で加工し製造した Fe - 20% Co および Fe - 50% Co の成分組成を有し、それぞれ直径 : 3.9mm、長さ : 13.0mm の寸法を有する鉄芯を挿入し、これを第2図に示されるように、炉芯管7内のワーク

支持治具6にセットし、昇温速度 : 80℃/min で 900℃に至るまで昇温せしめ、ついで 900℃から降温速度 : 1℃/min で降温しながら 800℃に至るまでの間に印加磁場強度 : 2000Oe、回転数 : 150 r.p.m. の磁場中回転熱処理を施し、放冷した。

上記磁場中回転熱処理放冷した Fe - Al - Ni - Co 系リング状鋳造磁石合金に、さらに温度 : 850℃、120分間保持したのち、5.6℃/時の冷却速度で 560℃になるまで徐冷して時効処理を施した。

かかる処理を施した Fe - Al - Ni - Co 系リング状鋳造磁石合金から、1辺が2mmの立方体を切り出し、これに振動型磁力計を用いて最大10 K Oe の磁場を印加し、径方向および周方向の減磁曲線を測定して磁気特性を測定し、それらの測定結果を第2表に示した。

#### 比較例 2

比較のために上記実施例 3 ~ 4 で製造した Fe - Al - Ni - Co 系リング状鋳造磁石合金の内径に鉄芯を挿入することなく実施例 3 ~ 4 と

種別	リング磁石合金 (重量%)	鉄芯材料 (重量%)	磁気特性			
			測定方向	残留磁束密度 Br(KG)	保磁力 Hc(Oe)	最大エネルギー積 (BH) <sub>max</sub> (MGOe)
実施例 3	Al : 8.0 Ni : 14.0	Fe - 20Co	径方向	10.1	590	9.1
			周方向	5.7	415	0.8
実施例 4	Co : 24.0 Cu : 3.0	Fe - 50Co	径方向	10.9	635	4.1
			周方向	4.9	390	0.5
比較例 2	Ti : 9.2 Fe: 残部からなる鋳造合金	なし	径方向	8.8	370	1.3
			周方向	9.2	450	1.9

全く同一条件で磁場中回転熱処理し、ついで時効処理を施した後、Fe - Al - Ni - Co 系リング状鋳造磁石合金から1辺が2mmの立方体を切り出し、上記実施例 3 ~ 4 と同一条件で径方向および周方向の磁気特性を測定し、それらの測定結果を第2表に示した。

#### 実施例 5~6

大気中で溶解し鋳造することにより、

Cr : 25.0 %、 Co : 15.0 %、

Ti : 1.5 %、

残部 : Fe および不可避不純物からなる組成 (以上、重量%) を有し、

外径 : 10.0mm、内径 : 4.0mm、長さ : 13.0mm の寸法を有する Fe - Cr - Co 系リング状鋳造磁石合金を製造し、この Fe - Cr - Co 系リング状鋳造磁石合金に Ar ガス雰囲気中、温度 : 1100℃、1時間保持の条件で溶体化処理を施した。

上記溶体化処理した Fe - Cr - Co 系リング状鋳造磁石合金の内径に、共に直径 : 3.9mm、長さ : 13.0mm の寸法を有し、それぞれ Fe および

Fe-40%Coの成分組成を有する鉄芯を挿入し、これらを第2図に示されるように、炉芯管7内のワーク支持治具6にセットし、昇温速度：80℃/minで660℃になるまで昇温せしめ、この660℃に保持しながら印加磁場強度：2000Oe、回転数：150 r.p.m.の条件を80分間持続して磁場中熱処理を施したのち、放冷した。

上記磁場中熱処理後放冷したFe-Cr-Co系リング状鑄造磁石合金を温度：635℃、30分間保持した後さらに600℃に1時間保持し、ついで冷却速度：5℃/時で500℃に冷加し、500℃で10時間保持することにより時効処理を施した。

かかる時効処理を施して得られたFe-Cr-Co系リング状鑄造磁石合金から、1辺が2mmの立方体を切り出し、実施例1～2と全く同様にして磁気特性を測定し、これらの結果を第3表に示した。

#### 比較例 3

磁場中熱処理するに際してFe-Cr-Co系リング状鑄造磁石合金に鉄芯を挿入することなく

種 別	リング状磁石合金 (重量%)	鉄芯材料 (重量%)	磁 気 特 性			
			測定方向	残留磁束密度 Br(KG)	保 磁 力 Hc(Oe)	最大エネルギー積 (BH) <sub>max</sub> (MGOe)
5 実 施 例	Cr:25.0 Co:15.0	Fe	径方向	12.4	570	4.2
			周方向	8.5	425	1.1
6 実 施 例	Fe-40Co	Fe-40Co	径方向	13.0	610	6.1
			周方向	5.4	420	0.8
3 比 較 例	Fe-40Coからなる鑄造合金	なし	径方向	10.9	350	2.0
			周方向	12.1	440	2.7

第 3 表

磁場中熱処理する以外は実施例5～6と全く同一条件で処理し、同一条件で磁気特性を測定してこれらの結果を第3表に示した。

第1～3表の結果から、この発明の鉄芯を挿入して回転しながら磁場中熱処理することにより得られた実施例1～6のリング状磁石は、径方向の磁気特性が周方向の磁気特性よりもいずれも優れており、ラジアル磁気異方性が付与されていることがわかる。一方鉄芯を挿入せず回転しながら磁場中熱処理を施した比較例1～3のリング状磁石は、いずれも周方向の磁気特性の方が径方向の磁気特性よりも優れており、十分なラジアル磁気異方性が付与されていないことがわかる。

#### 【発明の効果】

この発明の鉄芯を挿入して回転しながら磁場中熱処理する方法では、従来よりも優れたラジアル磁気異方性を有する最終寸法のリング状磁石を得ることができるので、歩留りの向上および加工工程の削減が計ることができ、産業上優れた効果を奏するものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、リング状磁石合金の内径に鉄芯を挿入して磁場中回転した時に生じる磁力線分布を説明するための平面図、

第2図は、リング状磁石合金を磁場中熱処理している状態を示す断面概略図、

第3図は、リング状磁石合金にラジアル異方性を付与するための条件を説明するための平面図、

第4図は、一般に知られているリング状ラジアル異方性磁石の斜視説明図、

第5図は、鉄芯を挿入せずに磁場中熱処理する時に生ずる磁力線の分布説明図である、

1…リング状磁石合金      2…径方向

3…磁力線

3'…周方向に廻り込んだ磁力線

4…鉄 芯

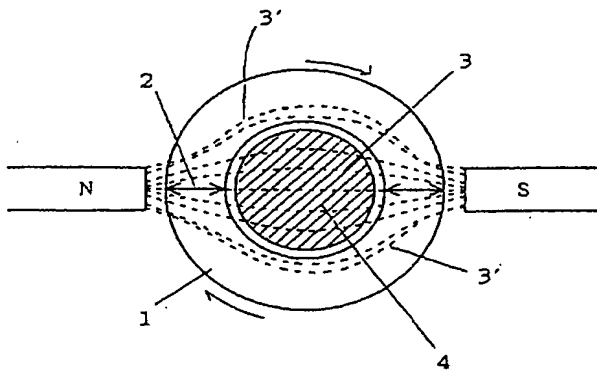
5…ワーク回転軸

6…ワーク支持治具

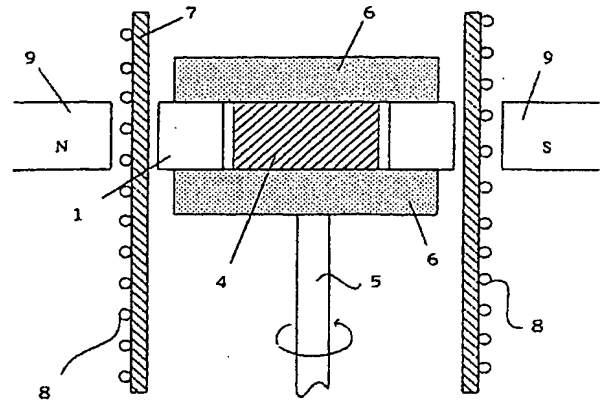
7…炉芯管

8…ヒーター

9…電磁石ポールピース

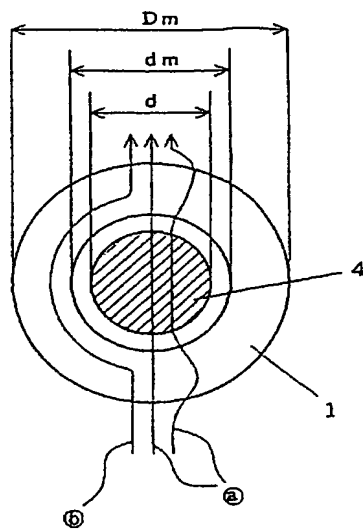


第 1 図

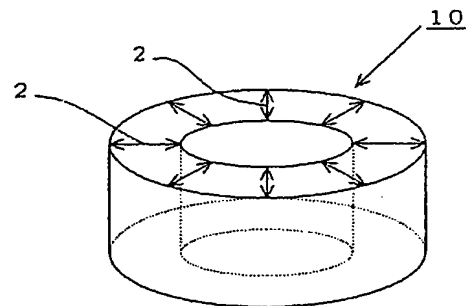


- 1: リング状磁石合金
- 4: 鉄 芯
- 5: ワーク回転軸 (非磁性)
- 6: ワーク支持治具 (非磁性)
- 7: 炉芯管 (非磁性)
- 8: ヒーター
- 9: 電磁石ポールピース

第 2 図

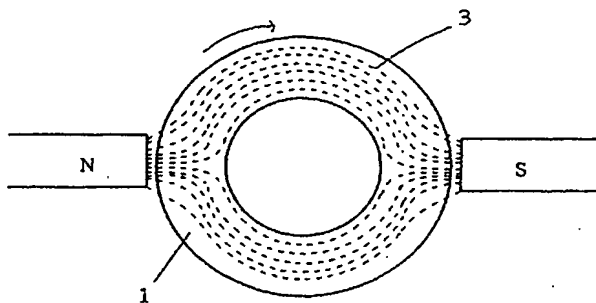


第 3 図



第 4 図





第 5 図